

2.21. 学部所属教員

2.21.1. 教員業績概要

職名： 教授	氏名： 土井 章男
--------	-----------

[教育活動]

(a) 学部担当授業科目

専門英語 I, メディア設計論, シミュレーション学, ソフトウェア演習 A, ソフトウェア演習 B

(b) 研究科担当授業科目

CG 特論

(c) その他（教育内容・方法の工夫、作成した教材など）

該当なし

[研究活動]

(a) 著書

- 1) 分担執筆, “シミュレーション辞典”, 共著, 日本シミュレーション学会編, コロナ社, A5 版, 454 ページ, 2012

(b) 査読ありの論文誌に掲載された論文

- 1) 土井章男, 高橋弘毅, 馬渡太郎, 女鹿幸夫, “3D テクスチャ表示技術を用いたボリュームレンダリングシステムの開発とその応用”, Medical Imaging Technology, Vol. 30, No. 2, pp. 83-91, 2012.

(c) (b)以外の査読付き成果（論文誌ではない学術論文、国際会議プロシーディング、ワークショップ等）

- 1) A. Doi, H. Takahashi, T. Mawatari, and S. Ichinohe, “Generation and Applications of CT Images of Ideal Standing Position for Total Knee Arthroplasty Surgery”, 10th Int. Conf. on Modeling and Measurement in Medicine and Biology, BIOMED 2013, Wessex Institute of Technology, 2013.
- 2) A. Doi, H. Takahashi, S. Mega, and T. Mawatari, “Volume manipulation using cut and paste operations and its applications”, JSST 2012, Int. Conf. on Simulation Technology, Kobe, Sep. 27-28, 2012.
- 3) A. Doi, H. Takahashi, B. Shuto, M. Katayama, H. Nagashima, M. Okumura, “Design and application of tailor-made plates for treating fractures in small animals”, IEEE iCAST 2012, The 4th Int. Conf. on Awareness Science and Technology, Korea, Seoul, Aug. 21-24, 2012.

(d) 研究発表等（査読なしの論文等）

- 1) 土井章男, 高橋弘毅, 加藤徹, “産業用 CT 装置を用いた遺跡物の密度・厚み計測および年代推定”, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告(テレマージョン技術研究委員会), Vol. 018, No. TTS01, 2013.
- 2) 土井章男, “長寿命人工関節設計・製造とデザインシミュレーション”, 文科省補助事業, 地域イノベーション戦略支援プログラム（グローバル型）成果報告会, ポスターセッション, 2013.
- 3) 土井章男, “動物用カスタムフィットインプラント製作・供給システムの確立”, 文科省補助事業, 地域イノベーション戦略支援プログラム（グローバル型）成果報告会, 2013.
- 4) 土井章男, 高橋弘毅, 加藤徹, 高橋かさね, “CT 画像と 3D プリンタを用いた遺物のレプリカ製作”, 平成 24 年度第 1 回芸術科学会東北支部大会, No. 24-16, pp. 1-4, 2013.
- 5) 土井章男, 高橋弘毅, 首藤文榮, 片山泰章, 長嶋宏之, 奥村正裕, “Co-27Cr-6Mo 合金を用いた犬用骨折固定用プレート作製システムの構築”, 金属学会, 2012 年秋季大会, S2-6, 2012.

- 6) 土井章男, 高橋弘毅, 首藤文榮, 片山泰章, 長嶋宏之, 田村昌人, 奥村正裕, “小動物骨折治療のためのカスタムフィットプレート供給システムの構築”, 第 154 回日本獣医学会学術集会, HS-22, p. 308, 2012.
- 7) 野澤拓人, 細川靖, 土井章男, 高田豊雄, “海女体験学習システム「海女 via-W」の水掻き動作検出とウェアラブル化”, 平成 23 年度芸術科学学会東北支部第 2 回研究会, 23-02-01, 2012.
- 8) 土井章男, 高橋弘毅, “仮想立位 CT 画像の作成とその応用”, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, Vol. 17, No. TTS01, ISSN 1343-0572, TTS12-1-1, 2012.

(e) 研究費の獲得

- 1) 文部科学省科学研究費補助金, 基盤研究(C), “人工関節置換術および骨切り術の術前計画支援に関する基礎的研究”, 研究代表者土井章男, 課題番号 23500562, 研究期間: 2011-2013.
- 2) 文部科学省地域産学官連携科学技術振興事業費補助事業, 地域イノベーションクラスタープログラム(グローバル型), “「いわて発」高付加価値コバルト合金によるイノベーションクラスターの形成”, 研究代表者千葉晶彦, 管理団体(財)いわて産業振興センター, 研究分担者, 研究期間: 2010-2012.
- 3) 科学技術振興機構, 研究成果最適展開支援プログラム A-STEP, “産婦人科医師・看護師のための超音波検査トレーニングシステムの研究開発”, 研究代表者土井章男, 研究期間: 2012-2013.

(f) その他総説・解説, 調査報告・市場調査, 特許, 受賞, 報道など

- 1) 土井章男, 小山田耕二, 宮地英生, “見える化研究会活動報告 -物事の本質を掴み, 課題解決を図る-", 可視化情報(学会誌), 33 巻, 129 号, p. 37, 2013.
- 2) 土井章男, “画像再構成と 3D プリンタによるラピッドプロトタイピング”, 電子ジャーナル, メディカルイメージングテクノロジー(MIT)誌, 第 30 巻, 第 5 号(2012 年 11 月 25 日号), pp. 303-308, 2012.

[大学運営]

(a) 全学委員会

地域政策研究センター企画運営委員

(b) 学部/研究科の委員会

就職委員会委員, 国際交流委員会委員, 研究科入試委員

(c) 学生支援

該当なし

(d) その他

該当なし

[社会貢献]

(a) 国や地方自治体などにおける活動

該当なし

(b) 企業・団体などにおける活動

該当なし

(c) 一般教育

該当なし

(d) 産学連携

- 1) 岩手県立大学発ベンチャー(株)アイプランツ・システムズでの研究成果活用(H19 年～)
- 2) 株式会社高研での「内診バーチャルリアリティシステム(LM-095)」に対する技術指導(H23 年～)

(e) 学会などにおける活動

- 1) 土井章男, 日本シミュレーション学会, 編集委員 (H19 年～)
- 2) 土井章男, 可視化情報学会, 欧文論文誌編集委員 (H21 年～), 欧文論文編集委員長 (H22 年～)
- 3) 土井章男, 医用画像工学会, 編集委員 (H20 年～)
- 4) 土井章男, 芸術科学会東北支部, 幹事および監事 (H24 年～)
- 5) 土井章男, 電子通信情報学会, 査読委員 (H19 年～)

(f) その他

産官学交流組織 *INS*(岩手ネットワークシステム) A&T 研究会幹事

[主な業績]

1. はじめに

変形性関節症や関節リウマチなどの関節疾患の治療として, 人工関節置換術が急増している (日本においては, 人工膝関節置換手術数は年間約 4 万件, 人工股関節置換術数は年間約 6 万件以上である)。しかしながら, 人体には個体差があり, 市販のインプラントの形状が必ずしもそれぞれの患者に適合しているとは限らない。この問題の解決には, インプラントを患者に最適化して作製するテイラーメイドインプラントの利用が考えられる。テイラーメイドインプラント製作には, 患者の骨・関節形状の分析から各症例に適合したインプラントデザインの設計, 妥当性の検証といった工程が必要となる。特に重要な工程として,

- 1) 設計されたインプラントの強度解析
- 2) インプラント装着後の姿勢や荷重軸・機能軸の予測
- 3) テイラーメイドインプラントの最適配置が可能な, 使い易い術前計画支援システムの提供が挙げられる。

現状のレントゲン画像を用いた術前計画方式では, 前後方向と側面方向の 2 枚のレントゲン画像を使って, 人工関節のサイズや配置場所を計画するため, 骨形状によっては, 正確なプランニングが困難である。また, 人工関節設置後のアライメント予想 (例えば, 人工膝関節では, 術後に荷重軸が膝関節中心を通ることが望ましい), 股関節や膝の機構解析 (曲げや応力シミュレーション), 骨軸周りのインプラントの回転角度決定 (回旋) も不可能である。本研究では, 効率的にテイラーメイド人工股関節を提供するため, 下肢全長の CT 画像の取得から, 人工股関節形状の設計・製作・術前計画の作成・妥当性の検証までの一連の流れを支援する環境を構築した。また, 本支援環境を用いて, 健常者 CT 画像から, 設計・製作したテイラーメイド人工股関節による術前計画を立案し, その有効性を検証した。

2. テイラーメイド人工股関節設計

2.1. 設計方針

テイラーメイド人工股関節は, あらかじめ用意された基本形状 (テンプレート) に対し, 各部位の長さや角度のパラメータを変更することで設計する。本研究では, テイラーメイド人工股関節の設計および作成に, 3 次元 CAD ソフトウェア CATIA (ダッソー社) を用いた。CATIA では, 最初にインプラントの基本形状を定義し, 各サイズのパラメータ化が可能である。各パラメータの変更は, マイクロソフト社の Excel 表による寸法入力で行え, その寸法に合致した CAD モデルが自

動的に作成される。今回、設計した基本形状（ステム部分）は、セメントタイプである。セメントタイプの人工股関節では、骨とステムを骨セメントで固定するため、ステム剛性が非常に重要となる。COBARION (Co-Cr-Mo 合金) は剛性が高く、曲がりにくいため、ステムとセメントの界面での問題を生じにくく、セメントタイプのステム材料に適している。3次元骨形状の生成には、CT画像から、骨領域を抽出して、骨表面を等値面処理により、ポリゴン化を行った[1, 2]。

図1と図2は、今回、設計したセメントステムの基本形状と寸法情報を記述した対応表である。CATIA上でExcel表の指定した行を読み込むことで、基本形状を自由に変更できる。例えば、図2の特定の行を選択することで、自動的に図3のCADモデルを得ることが可能である。このワークシートを用いた方式は、従来からCADモデル設計に利用されており、効率的な設計が可能となる。テ일러メイド人工股関節設計では、形状の自由度を高めるために、より多くのパラメータを設定している。これは、人体の場合、骨や筋の形状の個人差が大きいためである。さらに、このパラメータ変更で扱えない人工股関節形状は、直接、CAD上で骨形状モデルを参照しながら、カスタマイズすることも可能である。設計後のCADデータは、STL形式で外部ファイルに出力され、インプラント配置シミュレーション、応力解析、インプラント製作、形状や配置の検証に使用される。

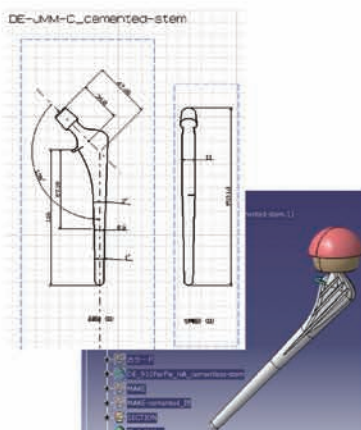


図1 CATIA上でインプラント設計

DesignTable-JMM-B - コピー.xls [互換モード]						
	A	B	C	D	E	F
1	角度A' (deg)	直径A' (mm)	H0 (mm)	カップ直 径A' (mm)	カップ長 さA' (mm)	カップ角 度A' (deg)
2	30	8.5	2	14	14.5	4
3	30	9.5	2	14	14.5	4
4	30	10	2	14	14.5	4
5	30	11	2	14	14.5	4
6	30	11.5	2	14	14.5	4

図2 Excelを用いた寸法表作成

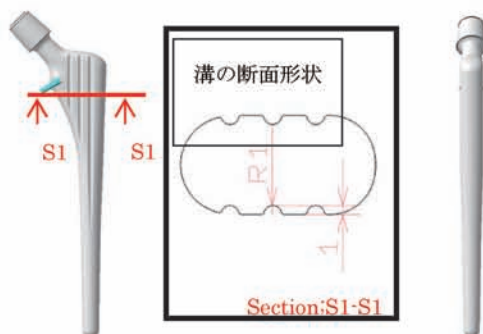


図3 セメントタイプステム

図4は、図2の寸法表を用いて、造形したステム、ヘッド、ソケット（ライナー）である。右側の白いステムは、ABS樹脂系の3Dプリンタで造形している。左側のヘッド、ソケット、ステムは、Arcam社の電子ビーム積層造形装置（Electron Beam Melting (EBM) 装置（図5））を用いている。EBM装置の構成は、電子ビームガン、チャンバー（造形室）、金属パウダータンク等から

なる[3]. 電子ビームガンから放射される電子ビームにより, チャンバー内の金属パウダーが, 一層ごとに溶解され, 各層が積層されて金属部品が造形される. EBM 装置の場合, 溶解と積層は, 真空中で行われるため, 不純物の混入がなく, 高品質・高密度な金属部品を作れる特徴がある. さらに, チャンバー内で溶解されなかった金属パウダーは, 再利用されるため, 材料のリサイクリング率も高い. 金属パウダーは, ステンレス鋼 (Steel Use Stainless: SUS), チタン合金 (titanium 合金), コバルトクロム合金 (Co-Cr-Mo 合金) など, 多様な合金を利用可能である. そのため, 必要な時に, 用途に応じた製品の開発が可能である. また, EBM 装置の造形方式は, 従来の鋳造やプレス加工とは異なり, 直接, 金属部品を作成するため, 金型が不要であり, 造形後のひずみ除去のための熱処理等も不要である[4].



図4 EBM 装置で製造されたステム, キャップ, ソケット



図5 EBM 装置

3. おわりに

本研究では, 効率的にティラーメイド人工股関節を提供するため, 下肢全長の CT 画像の取得から, 人工股関節形状の設計・製作・術前計画の作成・妥当性の検証までの一連の流れを支援するシステム環境を構築した. また, 本システム環境を用いて, 東北大学金属材料研究所で研究開発された COBARION (Co-Cr-Mo 合金) の特性を生かした, 岩手オリジナルな人工股関節を設計・製作・作成した. 設計・製作された人工股関節は, 個人の体型に合ったティラーメイド人工関節である. 使用した COBARION は, 他の金属に比べて, 剛性が高いため, その優位性が発揮されるセメントタイプステムを採用した. また, 配置後の位置情報やティラーメイド人工関節の CAD モデルを用いて, 解析ソフトウェアによる応力解析を行うことが可能となった.

本研究で得られた研究成果は, 骨折用カスタムフィットプレート設計の供給システムに関する研究に応用されている. リウマチ犬の複雑な骨変形の症例に対して, 正常な状態の骨を仮想空間上で復元し, その復元した骨形状に合った固定可能なカスタムフィットプレートを設計・製造した. また, 外科手術により, そのリウマチ犬にプレートを装着を行い, システムの有効性を検証した[5].

参考文献

- 1) 土井章男, 鈴木聡史, 山佐史人, 松井佳一, 伊藤史人, 女鹿幸夫, 伊藤忍, “「招待講演」Volume Extractor Ver.3.0—3次元画像処理と形状再構成—”, 画像電子学会第239回研究会, No. 461, pp. 259-264, 2008.
- 2) A. Doi, H. Takahashi, S. Mega, and T. Mawatari, “Volume manipulation using cut and paste operations and its applications”, JSST 2012, Int. Conf. on Simulation Technology, Kobe, Sep. 27-28, 2012.
- 3) Arcam AB, “Electron Beam Melting (EBM)”,

<http://www.arcam.com/technology/faq/electron-beam-melting-ebm.aspx>, 2012.

4) 赤野恒夫, 萩原正志, “電子ビーム技術を利用した金属積層造形装置”, 素形材, Vol. 48, No. 7, pp. 18-20, (2007).

5) A. Doi, H. Takahashi, B. Shuto, M. Katayama, H. Nagashima, M. Okumura, “Design and application of tailor-made plates for treating fractures in small animals“, IEEE iCAST 2012, The 4th Int. Conf. on Awareness Science and Technology, Korea, Seoul, Aug. 21-24, 2012.